

HUBUNGAN KADAR TIMBAL, ARSEN, DAN AIR RAKSA DENGAN STATUS GIZI ANAK CEREBRAL PALSY DI KABUPATEN BANYUMAS

THE RELATIONSHIP OF LEAD, ARSEN AND MERCY WATER LEVELS WITH THE NUTRITIONAL STATUS OF CEREBRAL PALSY CHILDREN IN BANYUMAS DISTRICT

Azzahra Wuri Widodo¹, Agung Saprasetya Dwi Laksana^{2*}, Prasetyo Tri Kuncoro³

¹*Kedokteran Umum, Fakultas Kedokteran, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia*

²*Departemen Ilmu Kesehatan Masyarakat dan Ilmu Kedokteran Komunitas, Fakultas Kedokteran, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia*

³*Departemen Neurologi, Fakultas Kedokteran, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia*

ABSTRAK

Latar Belakang Salah satu faktor risiko penyebab *cerebral palsy* adalah paparan logam berat. Timbal (Pb), arsen (As), dan air raksa (Hg) merupakan logam berat yang neurotoksik. Pb, Hg, dan As juga dapat mempengaruhi status gizi anak normal maupun anak *cerebral palsy*. **Tujuan** penelitian ini adalah untuk mengetahui hubungan kadar Pb, As, dan Hg dengan status gizi anak *cerebral palsy* di Kabupaten Banyumas. **Metode** Rancangan penelitian ini adalah *cross-sectional*. Sampel ditetapkan dengan *non probability sampling* menggunakan metode *consecutive sampling*. Pengumpulan data dilakukan dengan mengisi kuesioner data diri, mengukur tinggi dan berat badan, serta memotong rambut anak untuk dilakukan pemeriksaan kadar Pb, As dan Hg dengan spektrofotometer serapan atom (SSA). Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji *Spearman*. **Hasil** didapatkan sebanyak 24 anak *cerebral palsy* usia 1-12 tahun. Karakteristik data yang diperoleh berdasarkan jenis kelamin didapatkan mayoritas laki-laki (54,2%) dan berdasarkan usia paling banyak berusia 6-12 tahun (70,8%). Uji statistik menunjukkan kadar Pb ($p = 0,716$) tidak berhubungan dengan status gizi anak *cerebral palsy* di Kabupaten Banyumas. Hasil uji statistik kadar arsen ($p = 0,681$) tidak berhubungan dengan status gizi anak *cerebral palsy* di Kabupaten Banyumas. Uji statistik kadar air raksa ($p = 0,453$) menunjukkan tidak ada hubungan dengan status gizi anak *cerebral palsy* di Kabupaten Banyumas.

Kata kunci: *cerebral palsy*, kadar timbal, kadar arsen, kadar air raksa, status gizi

ABSTRACT

Background One of the risk factors for cerebral palsy is exposure to heavy metals. Lead (Pb), arsenic (As), and mercury (Hg) are heavy metals that are neurotoxic. Pb, Hg, and As can also affect the nutritional status of cerebral palsy children. **Aim** This study aims to analyze the association between Pb, As, and Hg levels with the nutritional status of cerebral palsy children in Banyumas Regency. **Methods** This study was cross-sectional study. The sampling method was consecutive sampling. Data collection was carried out by filling out personal data questionnaires, measuring body height and weight, and cutting children's hair for examination with an atomic absorption spectrophotometer (SSA). The result was analyzed with Spearman test. **Results** 24 cerebral palsy children aged 1-12 years. The characteristics of the data based on gender, majority were male (54.2%) and based on age, majority were 6-12 years old (70.8%). Statistical tests showed that lead levels ($p = 0.716$) were not related to the nutritional status of cerebral palsy children in Banyumas Regency. The results of statistical tests of arsenic levels ($p = 0.681$) were not related to the nutritional status of cerebral palsy children in Banyumas Regency. Statistical test of mercury levels ($p = 0.453$) showed no relation with the nutritional status of cerebral palsy children in Banyumas Regency.

Keywords: cerebral palsy, lead level, arsenic level, mercury level, nutritional status

Penulis korespondensi:

Agung Saprasetya Dwi Laksana,
Fakultas Kedokteran Universitas Jenderal Soedirman,
Jl. Dr. Gumbreg No. 1, Mersi, Purwokerto, 53122
Email: agung.laksana@unsoed.ac.id

PENDAHULUAN

Cerebral Palsy adalah gangguan motorik akibat lesi otak non-progresif yang terjadi sebelum, saat, dan sesudah melahirkan sehingga mempengaruhi perkembangan anak dalam kontrol gerakan, kognitif, postur, dan neurologis. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh McIntyre *et al.*, (2022) menyatakan bahwa prevalensi *Cerebral Palsy* pre-/perinatal pada negara-negara berpenghasilan rendah dan menengah adalah 3,4 per 1000 kelahiran hidup, sedangkan prevalensi *Cerebral Palsy* pre-/peri-/postneonatal pada negara-negara berpenghasilan tinggi adalah 1,6 per 1000 kelahiran hidup. *Cerebral Palsy* termasuk dalam penyakit disabilitas fisik yang mempengaruhi gerakan dan postur tubuh anak. Proporsi disabilitas pada anak usia 5-17 tahun di Indonesia sebesar 3,3%, sedangkan di Kabupaten Banyumas sebesar 2,12% (Risikesdas, 2019). Anak dengan *Cerebral Palsy* mengalami kerusakan di pusat motorik otak sehingga kesulitan dalam mengatur gerakan otot. Kesulitan berbicara, kesulitan mendengar, kesulitan makan dan minum diakibatkan gangguan motorik pada mulut, serta gangguan bahasa menjadi masalah utama yang sering ditemukan pada anak dengan *Cerebral Palsy* (Syahid, 2020). *Cerebral palsy* dapat disertai

hubungan kadar timbal, arsen, dan air raksa dengan status gizi anak cerebral palsy di kabupaten banyumas(azzahra wuri widodo)

dengan komorbiditas atau penyakit penyerta, seperti kesulitan makan, gizi buruk, dan gangguan pertumbuhan (Hollung *et al.*, 2020).

Banyak faktor yang mempengaruhi *cerebral palsy* di masa prenatal, perinatal, dan postnatal, salah satunya berhubungan dengan faktor lingkungan (Putri *et al.*, 2019). Paparan logam beracun, seperti timbal (Pb), arsen (As), air raksa (Hg) berkontribusi pada gangguan perkembangan otak dan sistem saraf, serta mengganggu fungsi motorik anak-anak dan remaja (Weyde *et al.*, 2023). Timbal, arsen, dan air raksa adalah logam berat yang bersifat neurotoksik sehingga dapat menyebabkan gangguan pada sistem saraf (Ervianti *et al.*, 2021; Lombó *et al.*, 2019; Sacramento *et al.*, 2021). Paparan logam berat ke dalam tubuh dapat melalui makanan, minuman, tanah, dan udara yang tercemar partikel logam berat.

Selain sebagai salah satu faktor penyebab *cerebral palsy*, logam berat juga dapat berpengaruh pada status gizi anak normal ataupun anak *cerebral palsy*. Anak *cerebral palsy* rentan mengalami masalah pemenuhan gizi sehingga pertumbuhan anak jadi terlambat (Sulistiyawati dan Mansur, 2019). Logam berat yang masuk ke dalam tubuh dapat menyebabkan pertumbuhan terhambat dan kerapuhan tulang (Agustina, 2014). Timbal berinteraksi secara kompetitif dengan kalsium karena memiliki mekanisme transport yang sama, tetapi timbal memiliki afinitas terhadap protein transport dua kali lipat dibandingkan kalsium, sedangkan kalsium dibutuhkan untuk pembentukan mineral tulang (Oktavia *et al.*, 2019; Aini *et al.*, 2022). Hal ini menyebabkan timbal dapat mengganggu pertumbuhan. Paparan arsen secara akut atau kronis dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan (Qomariyah, 2022). Berdasarkan penelitian Abuawad *et al.*, (2021) menyatakan bahwa metilisasi arsenik dapat berpengaruh pada indeks massa tubuh (IMT) wanita. Berdasarkan penelitian Reza *et al.*, (2016) menyatakan bahwa terdapat hubungan bermakna antara merkuri dengan indeks massa tubuh. Sifat mudah larut merkuri dalam lemak mempengaruhi absorpsi dan ekskresi merkuri di tubuh sehingga kadar kelarutan merkuri akan meningkat dalam jaringan tubuh pada seseorang dengan kadar lemak yang tinggi atau berlebihan. Hubungan antara berat badan, tinggi badan, pertumbuhan, dan komposisi tubuh anak dengan *cerebral palsy* berbeda dari anak-anak yang biasanya sedang berkembang sehingga hal ini menjadi tantangan dalam menilai status gizi anak dengan *cerebral palsy* (Brunner *et al.*, 2020).

Berbagai literatur menunjukkan bahwa Pb, As dan Hg dapat menyebabkan terjadinya *cerebral palsy* dan menyebabkan penurunan status gizi anak *cerebral palsy*. Penelitian Saha *et al.*, (2012) menyatakan bahwa terdapat hubungan antara berat badan dan tinggi badan yang rendah pada anak perempuan dengan paparan arsenik postnatal. Namun, penelitian Fadhillah *et al.*, (2022) menyatakan konsumsi minuman yang tercemar timbal tidak menyebabkan *stunting* pada anak-anak di Indonesia, walaupun paparan timbal oleh minuman berkontribusi lebih besar dibandingkan makanan. Benefice *et al.*, (2014) dalam penelitiannya menemukan korelasi positif antara kadar merkuri dengan status gizi yang relatif lebih baik pada anak usia 5 hingga 10 tahun. Sampai saat ini belum pernah dilakukan penelitian untuk mengkaji hubungan antara kadar Pb, As dan Hg dengan status gizi pada anak *cerebral palsy* di Kabupaten Banyumas. Berdasarkan latar belakang tersebut, peneliti tertarik untuk meneliti hubungan kadar Pb, As, dan Hg dengan status gizi anak dengan *cerebral palsy* di Kabupaten Banyumas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui hubungan kadar Pb, As, dan Hg dengan status gizi anak dengan *cerebral palsy* di Kabupaten Banyumas.

METODE PENELITIAN

Rancangan penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan penelitian observasional analitik dengan pendekatan studi cross sectional.

Populasi dan Sampel

Populasi terjangkau pada penelitian ini adalah semua anak cerebral palsy di Kabupaten Banyumas. Pengambilan sampel dilakukan dengan non probability sampling menggunakan metode *consecutive sampling*. Sampel penelitian ini adalah anak cerebral palsy di Kabupaten Banyumas, dengan kriteria inklusi berusia 1-12 tahun, dan orang tua/wali anak bersedia mengizinkan anaknya menjadi responden yang ditandai dengan penandatanganan informed consent oleh orang tua atau wali anak cerebral palsy. Kriteria eksklusi sampel adalah Menyatakan mundur menjadi responden sebelum prosedur penelitian selesai dilakukan.

Metode pengumpulan data dan pemeriksaan sampel

Orang tua atau wali responden yang telah menandatangani *informed consent* diminta mengisi form data responden dan kuesioner. Pengukuran tinggi badan dan berat badan dilakukan dengan timbangan berat badan dan pengukur tinggi badan. Pengambilan sampel rambut sebanyak 2 gram dilakukan dengan memotong rambut responden. Lalu, rambut dimasukkan ke dalam pot urine steril ukuran 50 mL. Sampel rambut yang telah diambil dikirim ke laboratorium untuk dilakukan pemeriksaan dengan Spektrofotometri Serapan Atom (SSA).

Analisis data

Data dianalisis dengan korelasi *Spearman Rho*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini telah mendapatkan izin dari Komite Etik Penelitian Fakultas Kedokteran Universitas Jenderal Soedirman berdasarkan surat keterangan persetujuan etik nomor 003/KEPK/PE/I/2024. Pada akhir penelitian diperoleh 24 responden yang telah memenuhi kriteria sebagai responden dan mengikuti proses penelitian sampai selesai.

Tabel 1 Distribusi frekuensi karakteristik responden penelitian berdasarkan usia dan jenis kelamin.

Karakteristik Responden	Jumlah (n = 24)	Persentase
Usia		
1-5 tahun	7	29,2%
6-12 tahun	17	70,8%
Jenis Kelamin		
Laki-laki	13	54,2%
Perempuan	11	45,8%

Data pada Tabel 1 menunjukkan karakteristik responden berdasarkan usia dan jenis kelamin. Karakteristik responden berdasarkan usia didapatkan mayoritas berada pada rentang usia 6-12 tahun, yaitu sebanyak 17 anak (70,8%). Usia minimum responden adalah 1 tahun dan usia maksimum responden 12 tahun dengan rata-rata usia 7 tahun. Karakteristik responden berdasarkan jenis kelamin didapatkan hasil bahwa mayoritas responden berjenis kelamin laki-laki, yaitu sebanyak 13 anak (54,2%).

hubungan kadar timbal, arsen, dan air raksa dengan status gizi anak cerebral palsy di kabupaten banyumas(azzahra wuri widodo)

Tabel 2 Distribusi frekuensi kadar timbal (Pb), arsen (As), dan air raksa (Hg) pada rambut anak *cerebral palsy* usia 1-12 tahun di Kabupaten Banyumas.

Kadar Logam dalam Rambut	Rerata ($\mu\text{g/g}$)	Standar Deviasi	Minimum ($\mu\text{g/g}$)	Maksimum ($\mu\text{g/g}$)
Timbal (Pb)	0,219	0,0498	0,104	0,3044
Arsen (As)	0,0007	0,0004	0,0001	0,0017
Air raksa (Hg)	0,0014	0,0006	0,0005	0,0033

Data pada Tabel 2 menunjukkan bahwa rata-rata terbesar kadar logam dalam rambut anak *cerebral palsy* usia 1-12 tahun di Kabupaten Banyumas adalah timbal (Pb) sebesar 0,219 $\mu\text{g/g}$. Kadar minimum timbal dalam rambut responden adalah 0,104 $\mu\text{g/g}$, sedangkan kadar maksimum timbal dalam rambut responden adalah 0,3044 $\mu\text{g/g}$. Kadar timbal dalam rambut memiliki ambang batas normal 12 $\mu\text{g/g}$ (Putri *et al.*, 2018). Hal ini menunjukkan bahwa responden memiliki rata-rata timbal dalam rambut di bawah ambang batas normal. Rata-rata kadar arsen dalam rambut responden adalah 0,0007 $\mu\text{g/g}$. dengan nilai minimum 0,0001 $\mu\text{g/g}$ dan nilai maksimum 0,0017 $\mu\text{g/g}$. Berdasarkan *Mayo Clinic Laboratories* (2024) nilai ambang batas normal arsen dalam rambut adalah 1 $\mu\text{g/g}$. Hal ini menunjukkan bahwa rata-rata kadar arsen dalam rambut responden di bawah nilai ambang batas normal arsen dan tidak ada anak CP yang memiliki kadar arsen di atas nilai ambang batas normal. Kadar air raksa dalam rambut responden rata-rata adalah 0,0014 $\mu\text{g/g}$ dengan nilai tertinggi pada kadar 0,0033 $\mu\text{g/g}$ dan nilai terendah pada kadar 0,0005 $\mu\text{g/g}$. Berdasarkan WHO, batas kadar merkuri pada rambut adalah 1-2 $\mu\text{g/g}$ (Rosmiati & Silvia, 2021). Rata-rata kadar air raksa dalam rambut responden nilainya di bawah ambang batas normal. Selain itu, tidak ada responden yang memiliki kadar merkuri di atas ambang batas.

Data pada Tabel 3 menunjukkan bahwa dari 24 responden mayoritas memiliki status gizi baik, yaitu 15 anak (62,5%). Responden dengan gizi buruk terdapat 2 anak (8,3%), gizi kurang 6 anak (25%), dan gizi lebih 1 anak (4,2%).

Tabel 3. Distribusi frekuensi status gizi anak *cerebral palsy* usia 1-12 tahun di Kabupaten Banyumas berdasarkan IMT menurut umur.

Status Gizi	Jumlah (n=24)	Persentase
Gizi buruk	2	8,3%
Gizi kurang	6	25%
Gizi baik	15	62,5%
Gizi lebih	1	4,2%

Tabel 4. Hubungan kadar Pb, As, dan Hg dengan status gizi anak *cerebral palsy* usia 1-12 tahun di Kabupaten Banyumas

Variabel	P-value
Kadar Pb dengan status gizi	0,716
Kadar As dengan status gizi	0,681
Kadar Hg dengan status gizi	0,453

Pada Tabel 4.4 menunjukkan hasil uji hipotesis *Spearman* mengenai hubungan kadar Pb, As, dan Hg dengan status gizi anak *cerebral palsy* usia 1-12 tahun di Kabupaten Banyumas. Hasil uji hipotesis *Spearman* menunjukkan tidak ada korelasi yang bermakna antara kadar Pb (timbal) dan status gizi anak CP usia 1-12 tahun di Kabupaten Banyumas dengan nilai signifikansi 0,716 ($p > 0,05$). Hasil uji hipotesis *Spearman* terhadap kadar As (arsen) dan status gizi anak CP usia 1-12 tahun di Kabupaten Banyumas didapat nilai signifikansi 0,681 ($p > 0,05$). Dengan demikian, tidak ada korelasi yang bermakna antara kadar As (arsen) dan status gizi anak CP usia 1-12 tahun di Kabupaten Banyumas. Selain itu, hasil uji hipotesis *Spearman* menemukan tidak ada korelasi yang bermakna antara kadar Hg (air raksa) dan status gizi anak CP usia 1-12 tahun di Kabupaten Banyumas dengan nilai signifikansi 0,453 ($p > 0,05$). Berdasarkan uji hipotesis *Spearman*, dapat disimpulkan bahwa tidak terdapat hubungan antara kadar Pb (timbal), As (arsen), dan Hg (air raksa) dengan status gizi anak *cerebral palsy* usia 1-12 tahun di Kabupaten Banyumas.

Penelitian ini menunjukkan kejadian CP lebih banyak terjadi pada laki-laki (54,2%) daripada perempuan (45,8%). Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Trisnowiyonto & Purwanto (2019), yaitu lebih banyak ditemukan anak *cerebral palsy* berjenis kelamin laki-laki (62%) dibandingkan perempuan (38%). Kejadian CP lebih banyak pada laki-laki dapat disebabkan karena laki-laki memiliki kerentanan biologis yang lebih besar terkait struktur otak, peran protektif hormon, dan polimorfisme genetik, selain itu insiden prematuritas sebagai faktor risiko CP lebih sering terjadi pada bayi laki-laki (Romeo *et al.*, 2023). Penelitian lain yang dilakukan Hollung *et al.*, (2020) menyatakan anak CP berjenis kelamin laki-laki atau perempuan memiliki risiko komorbiditas yang sama, tetapi lebih besar dibandingkan dengan populasi umum.

Hasil analisis menunjukkan tidak ada hubungan signifikan antara kadar timbal dalam rambut dengan status gizi pada anak *cerebral palsy*. Timbal dapat masuk ke dalam tubuh karena faktor lingkungan yang terkontaminasi melalui inhalasi, atau ingesti. Timbal dalam tubuh dapat menghambat sistem metabolisme sel dengan menggunakan energi untuk aktivitas enzim oksidase sehingga metabolisme terganggu dan menyebabkan pertumbuhan juga ikut terganggu (Khanifah, 2022). Berdasarkan hasil penelitian ini ditemukan tidak ada korelasi yang bermakna antara kadar Pb (timbal) dan status gizi anak CP usia 1-12 tahun di Kabupaten Banyumas dengan nilai signifikansi 0,716 ($p > 0,05$). Hal ini menunjukkan tidak ada hubungan antara dua variabel tersebut. Penelitian ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Daramusseng (2019) yang menyatakan tidak ada hubungan antara status gizi IMT dengan kadar timbal dalam darah siswa sekolah dasar. Hasil yang berbeda ditunjukkan oleh kajian pustaka yang dilakukan Nurjazuli *et al.*, (2021) yang menyatakan paparan Pb dari lingkungan pada balita berdampak pada *stunting* karena timbal menghambat absorpsi nutrisi dari makanan dan berhubungan dengan menurunnya skor kognitif pada anak.

Timbal yang masuk ke dalam tubuh akan diresorpsi, setelahnya sebagian besar timbal menembus membran eritrosit dan berikatan dengan hemoglobin (80%), sedangkan sebagian kecil (14%) diserap oleh membran eritrosit. Selanjutnya, timbal didistribusikan melalui transportasi darah dan disimpan di jaringan tubuh, seperti otak, ginjal, tulang padat, gigi, dan rambut. Timbal yang terikat kuat akan sulit untuk diekstraksi dengan baik (Nurjazuli *et al.*, 2021). Timbal memiliki mekanisme absorpsi yang sama dengan kalsium sehingga dapat menghambat absorpsi kalsium di dalam darah (Oktavia *et al.*, 2019). Timbal akan bersaing dengan kalsium untuk menempel pada tulang. Anak-anak menyerap timbal ke dalam tubuh 4-5 kali lebih banyak dibandingkan orang dewasa (UNICEF, 2022). Pertumbuhan anak dapat diketahui dengan status gizi yang diukur salah satunya menggunakan metode z-score IMT menurut umur. IMT didapat dari hasil pembagian berat badan (kg) dengan kuadrat tinggi badan (m).

Timbal mempengaruhi status gizi anak dengan mekanisme yang panjang, salah satunya melalui mekanisme stres oksidatif. Stres oksidatif menghasilkan *reactive oxygen species* (ROS) yang menyebabkan ketidakseimbangan antara pro-oksidan dan antioksidan dalam tubuh (Gyasi, 2018). Peningkatan produksi ROS diikuti oleh penurunan cadangan antioksidan. ROS menyebabkan peroksidasi lipid, kerusakan DNA, dan penurunan pertahanan antioksidan dalam sel (Wiyasihati & Wigati, 2016). Hal ini dapat menyebabkan rupturnya membran sel. Kadar timbal yang tinggi menyebabkan penghambatan sumbu hipotalamus dan hipofisis yang berkaitan dengan faktor pertumbuhan, seperti insulin serum sehingga menyebabkan penurunan status gizi berdasarkan IMT (Sergeyev *et al.*, 2017).

Pada penelitian ini mayoritas status gizi anak *cerebral palsy* adalah gizi baik (62,5%). Mayoritas gizi baik pada penelitian ini mungkin terjadi karena rerata kadar timbal dalam rambut berada di bawah nilai ambang batas. Penelitian Yang *et al.*, (2013) menyatakan bahwa kadar timbal tinggi atau di atas ambang batas dapat menyebabkan demineralisasi dan kerusakan tulang sehingga pertumbuhan anak akan terganggu. Selain itu, kecukupan diet, seperti mikronutrien dapat berinteraksi dengan timbal dalam beberapa bagian di tubuh untuk menurunkan toksisitas timbal dalam risiko kesehatan (Hernanz *et al.*, 2019). Mekanisme timbal dalam mempengaruhi status gizi melalui proses yang panjang. Timbal dapat menginduksi stres oksidatif yang menyebabkan ruptur membran sel dan mempengaruhi hormon pertumbuhan, tetapi mungkin saja kerusakan ini belum mencapai titik yang dapat mempengaruhi status gizi menjadi tidak normal.

Penelitian ini menunjukkan bahwa tidak ada hubungan antara kadar arsen dalam rambut dengan status gizi anak *cerebral palsy*. Paparan arsen dalam bentuk organik dan anorganik dapat berasal dari zat alami maupun kontaminasi dari aktivitas manusia dan dapat ditemukan di air, udara, makanan, dan tanah (Cahyady *et al.*, 2021). Hasil penelitian ini menunjukkan tidak ada hubungan antara kadar As (arsen) dan status gizi anak *cerebral palsy* usia 1-12 tahun di Kabupaten Banyumas dengan nilai signifikansi 0,681 ($p > 0,05$). Hasil ini sejalan dengan penelitian Moody *et al.*, (2020) yang menyatakan bahwa tidak ada hubungan antara kadar As dengan kejadian anak *stunted* maupun tidak *stunted*. Hal ini dapat terjadi mungkin disebabkan oleh rerata kadar arsen dalam rambut responden berada di bawah nilai ambang batas yang ditetapkan oleh *Mayo Clinic Laboratories* (2024), yaitu 1 $\mu\text{g/g}$. Kadar arsen di atas ambang batas menyebabkan anak-anak rentan terhadap infeksi yang dapat membahayakan pertumbuhan karena terganggunya fungsi kekebalan tubuh (Ma *et al.*, 2023). Selain itu, mayoritas status gizi responden pada penelitian ini adalah gizi baik

(62,5%). Hasil berbeda ditunjukkan oleh kajian literatur Venkatratnam *et al.*, (2021) yang menyatakan bahwa status gizi dapat mempengaruhi metabolisme arsen anorganik.

Arsen yang masuk ke dalam tubuh melalui makanan, minuman, dan lingkungan yang terkontaminasi akan diserap utamanya di usus kecil. Arsen akan didistribusi ke banyak jaringan dan organ tubuh, setelahnya dimetabolisme menjadi asam monometilarsenik (MMA) dan asam dimetilarsenik (DMA). Arsen mengikat asam lipoat enzim sehingga menghambat piruvat dehidrogenase. Hal ini menyebabkan siklus Krebs terblokir dan produksi ATP menurun sehingga mengakibatkan kerusakan sel (Mood *et al.*, 2021). Arsen mempengaruhi status gizi melalui mekanisme stres oksidatif dan efek epigenetik dengan mengganggu metilasi DNA yang penting untuk perkembangan kesehatan janin pada masa prenatal (Vahter, 2007). Selain itu, arsen dapat menembus barier plasenta sehingga meningkatkan risiko BBLR (bayi berat lahir rendah).

Kadar hormon tiroid (fT3 dan fT4) dapat menurun karena pajanan arsenik (Nadheeswari *et al.*, 2023). Hormon tiroid adalah salah satu regulator pertumbuhan sehingga jika jumlahnya tidak memadai maka menyebabkan proses pertumbuhan menjadi terhambat (Aisy *et al.*, 2022). Pertumbuhan yang terhambat dapat menyebabkan tinggi dan berat badan anak menjadi kurang sehingga berdampak pada indeks massa tubuh. Efek toksik kerusakan DNA oksidatif dan peroksidasi lipid yang diinduksi oleh arsen dapat dinetralisir tubuh melalui mekanisme pertahanan tubuh. Anak dengan CP mengalami gangguan pada motorik untuk makan sehingga meningkatkan risiko malnutrisi. Asupan mikronutrien yang tetap terjaga pada anak CP dapat meningkatkan sistem imunitas tubuh agar terhindar dari zat toksik (Zhu *et al.*, 2023).

Hasil penelitian ini menunjukkan tidak ada hubungan antara kadar Hg (air raksa) dengan status gizi anak *cerebral* usia 1-12 tahun di Kabupaten Banyumas dengan nilai signifikansi 0,453 ($p > 0,05$). Hasil ini sejalan dengan penelitian Marques *et al.*, (2012) yang menyatakan tidak ada hubungan signifikan antara status gizi dengan kadar Hg pada rambut. Namun, penelitian Papadopoulou *et al.*, (2021) menyatakan bahwa anak-anak yang terpapar Hg dengan kadar tinggi cenderung memiliki laju pertumbuhan yang berkurang. Selain itu, penelitian Cho (2021) menemukan korelasi positif antara kadar merkuri dengan peningkatan IMT. Perbedaan hasil temuan penelitian ini mungkin dapat terjadi disebabkan rerata kadar Hg dalam rambut anak CP usia 1-12 tahun di Kabupaten Banyumas di bawah ambang batas normal. Berdasarkan *study literature* yang dilakukan Karagas *et al.*, (2012), bahwa hanya sedikit kejadian kadar merkuri di bawah ambang batas dapat mempengaruhi kesehatan, sedangkan sebagian besar kejadian ada pada kadar merkuri di atas ambang batas menyebabkan gangguan kesehatan.

Air raksa atau merkuri elemental masuk ke dalam tubuh melalui inhalasi, ingesti, dan absorpsi kulit. Setelah masuk ke dalam tubuh, merkuri elemental akan teroksidasi dengan cepat menjadi merkuri ionik (Hg^{2+}), didistribusikan ke sirkulasi dan terikat pada gugus sulfhidril asam amino di seluruh sel tubuh dengan target utama pengikatannya adalah pada saraf pusat (Ekawanti & Priyambodo, 2020). Di dalam tubuh, merkuri akan bersaing dengan besi untuk berikatan dengan hemoglobin (Puspita *et al.*, 2020). Merkuri juga dapat menyebabkan kerusakan sumsum tulang secara laten dan *irreversible* (Rosita & Suharika, 2019). Kedua hal ini menyebabkan terganggunya proses eritropoiesis dan fungsi hemoglobin yang seharusnya dapat mendistribusikan nutrisi ke seluruh jaringan tubuh. Kurangnya nutrisi pada jaringan tubuh akan menyebabkan status gizi kurang.

Pertumbuhan anak yang baik dikaitkan dengan status gizi baik (Gannika, 2023). Anak-anak cenderung terpapar merkuri lebih besar karena kondisi tubuhnya yang lebih rentan. Merkuri secara signifikan berhubungan secara positif dengan kadar TSH dan fT4, tetapi berkorelasi negatif dengan T4 (Hu *et al.*, 2021). Perubahan jumlah *thyroid stimulating hormone* (TSH) dan *free thyroxine* (fT4) menyebabkan perubahan *basal metabolic rate* sehingga keseimbangan energi dan berat badan juga mengalami perubahan (Harfana *et al.*, 2021). Apabila jumlah hormon tiroid tidak cukup maka dapat menyebabkan pertumbuhan menjadi terhambat. Status gizi dapat diukur salah satunya menggunakan *z-score* indeks massa tubuh (IMT) menurut umur. Status gizi berdampak pada fungsi kekebalan tubuh karena kekurangan gizi dapat meningkatkan risiko infeksi, tetapi infeksi juga dapat memperburuk kehilangan nutrisi sehingga status gizi makin berkurang (Wyatt *et al.*, 2019). Kesulitan dalam makan karena gangguan otak dan saraf dapat menyebabkan anak *cerebral palsy* mengalami defisiensi status gizi (Mansur, 2023). Selenium, seng, dan tembaga merupakan mikronutrien yang memiliki peran sebagai antioksidan dan keseimbangan ROS (Domingo & Marquès, 2021). Pada penelitian ini, kadar merkuri tidak berhubungan dengan status gizi anak *cerebral palsy* mungkin disebabkan oleh mikronutrien yang dapat melawan zat toksik dalam tubuh.

Keterbatasan penelitian ini adalah tidak meneliti faktor lain yang mempengaruhi status gizi, seperti asupan mikronutrien, keadaan sosial ekonomi, akses pelayanan kesehatan, serta sanitasi dan kebersihan lingkungan yang memungkinkan terjadinya status gizi tidak normal. Selain itu, penelitian ini hanya meneliti status gizi berdasarkan kadar mikronutrien, biokimia, dan biofisika.

DAFTAR PUSTAKA

- Abuawad, A., Spratlen, M., J., Parvez, F., Slavkovich, V., Ilievski, V., Luu, A., M., L. 2021. Association between Body Mass Index and Arsenic Methylation in Three Studies of Bangladeshi Adults and Adolescents. *Environment International*. 149(1): 1-18.
- Agustina, T. 2014. Kontaminasi Logam Berat pada Makanan dan Dampaknya pada Kesehatan. *Teknobuga*. 1(1): 53-65.
- Aini, N., Pratiwi, A., R., Dewi, A., P., & Wati, D., A. 2022. Hubungan Asupan Kalsium dan Indeks Massa Tubuh dengan Kepadatan Tulang pada Wanita Usia Subur. *Jurnal Kesehatan*. 13(2): 247-252.
- Aisyah, H., Rochmah, N., Susanto, H., Putera, A., M., & Lubis. Hubungan Fungsi Tiroid dengan Pertumbuhan pada Anak Sindrom Down di Poli Endokrin Anak RSUD Dr. Soetomo Surabaya. *Jurnal Ilmiah Indonesia*. 7(11): 15930-15938.
- Benefice, E., Monroy, S., J., L., & Rodriguez, R., W. 2014. A Nutritional Dilemma: Fish Consumption, Mercury Exposure, and Growth of Children in Amazonial Bolivia. *International Journal of Environmental Health Research*. 18(6): 415-427.
- Brunner, M., D., L., M., R., Cieri, M., E., Marco, M., P., R., Schroeder, A., S., & Cuestas, E. 2020. Nutritional Status of Children with Cerebral Palsy Attending Rehabilitation Centers. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 62(12): 1383-1388.

- Cahyady, B., Taufik, M., & Suharman. 2021. Analisis Kadar Arsen (As) pada Sayur Kubis Hijau (*Brassica oleracea* L.) Pasca Erupsi Gunung Sinabung. *Journal of Chemistry*. 9(1): 32-36.
- Cho, K., Y. 2021. Association of Blood Mercury Levels with the Risks of Overweight and High Waist-to-Height Ratio in Children and Adolescents: Data from the Korean National Health and Nutrition Examination Survey. *Children (Basel)*. 8(12): 2-17.
- Daramusseng, A. 2019. Hubungan Status Gizi dan Kebiasaan Mengonsumsi Sayuran dengan Konsentrasi Timbal dalam Darah pada Siswa Sekolah Dasar, Kabupaten Brebes. *Info Kesehatan*. 9(1): 55-60.
- Domingo, J., L., & Marquès, M. 2021. The Effects of Some Essential and Toxic Metals/Metalloids in COVID-19: A review. *Food Chem Toxicol*. 152(1): 1-8.
- Ekawanti, A., & Priyambodo, S. 2020. Intoksikasi Merkuri: Faktor Risiko, Patofisiologi dan Dampaknya Bagi Wanita Hamil di Daerah Lingkar Tambang. *Jurnal Kedokteran*. 9(2): 158-165.
- Ervianti, T., Ikhtiar, M., Bintara, A., Hasanuddin, & Habo, H. 2021. Analisis Risiko Kesehatan Lingkungan Paparan Timbal (Pb) pada *Pa'limbang-limbang* di Jl. Urip Sumoharjo Kota Makassar. *Jurnal Sanitasi dan Lingkungan*. 2(1): 128-138.
- Fadillah, M., Andarwulan, N., & Faridah, D., N. 2022. Consumption of Drinking Water and Its Contribution to Lead (Pb) Exposure in Toddlers Nutritional Status in Indonesia. *Jurnal Mutu Pangan*. 9(1): 36-44.
- Gannika, L. 2023. Hubungan Status Gizi dengan Tumbuh Kembang pada Anak Usia 1-5 Tahun: Litterature Review. *Jurnal Ners*. 7(1): 668-674.
- Gyasi, E., O. 2018. Lead Exposure and Oxidative Stress—A Life Course Approach in U.S. Adults. *Toxics*. 6(3): 1-10.
- Harfana, C., Rosidi, A., Ulvie, Y., N., S., & Sulistiani, R., P. 2021. TSH dan fT₄ dengan Indeks Massa Tubuh (IMT) pada Pasien Dewasa: Studi Cross-Sectional di Klinik Litbangkes Magelang. *Media Gizi Mikro Indonesia*. 13(1): 11-24.
- Hernanz, Á., M., Estecha, M., G., Blanco, M., Fuentes, M., Iriarte J., M., O., Bru, I., P., & *et al.* 2019. Blood Lead in Children and Associations with Trace Elements and Sociodemographic Factors. *J Trace Elem Med Biol*. 58(1): 1-31.
- Hollung, S., J., Bakken, I., J., Vik, T., Lydersen, S., Wiik, R., Aaberg, K., M., & *et al.* 2020. Comorbidities in Cerebral Palsy: A Patient Registry Study. *Developmental Medicine & Child Neurology*. 62(1): 97-103.
- Hu Q, Han X, Dong G, Yan W, Wang X, Bigambo FM, Fang K, Xia Y, Chen T, Wang X 2021. Association between mercury exposure and thyroid hormones levels: A meta-analysis. *Environmental Research* 196. doi:10.1016/j.envres.2021.110928
- Karagas, M. R., Choi, A. L., Oken, E., Horvat, M., Schoeny, R., Kamai, E., Cowell, W. & *et al.* 2012. Evidence on The Human Health Effects of Low-Level Methylmercury Exposure. *Environmental Health Perspectives*. 120(6): 799–806.
- Khanifah, F. 2022. Hubungan Kadar Timbal (Pb) pada Rambut dan Darah Pekerja Bengkel Motor sebagai Bioindikator di Kabupaten Jombang. *Jurnal Wiyata*. 9(2): 142-148.

- Lombó, C., G., Pappa, A., Panayiotidis, M., I., Gonsebatt, M., E., & Franco, R. 2019. Arsenic-Induced Neurotoxicity: A Mechanistic Appraisal. *J Biol Inorg Chem.* 24(8):1305-1316.
- Ma, J., Geng, S., Sun, Q., Zhang, X., Han, L., Yao, X., Zhang, B., & *et al.* 2023. Exposure to Metal Mixture and Young Children's Growth and Development: A Biomonitoring-Based Study in Eastern China. *Ecotoxicology and Environmental Safety.* 268(1): 1-9.
- Mansur, A. 2023. Enhancing Nutritional Status in Children with Cerebral Palsy: The Impact of Parental Feeding Rules Counseling and Special Spoon Utilization. *Indonesian Journal of Disability Studies.* 10(2): 273-286.
- Marques, R., C., Dórea, J., G., Leão, R., S., Santos V., G., D., Bueno, L., Marques, R., C., & *et al.* 2012. Role of Methylmercury Exposure (from Fish Consumption) on Growth and Neurodevelopment of Children under 5 Years of Age Living in a Transitioning (Tin-Mining) Area of the Western Amazon, Brazil. *Arch Environ Contam Toxicol.* 62(2):341-350.
- Mayo Clinic Laboratories. 2024. *Arsenic, Hair* (online). Neurology Catalog. <https://neurology.testcatalog.org/show/ASHA>. Diakses 30 Januari 2024.
- McIntyre, S., & *et al.* 2022. Global Prevalence of Cerebral Palsy: A Systematic Analysis. *Developmental Medicine & Child Neurology.* 64(12): 1494-1506.
- Mood, M., B., Naseri, K., Tahergorabi, Z., Khazdair, M., R., & Sadeghi, M. 2021. Toxic Mechanisms of Five Heavy Metals: Mercury, Lead, Chromium, Cadmium, and Arsenic. *Frontiers in Pharmacology.* 12(1): 1-19.
- Moody, E., C., Colicino, E., Wright, R., O., Mupere, E., Jaramillo, E., G., & Amarasiriwardena, C., *et al.* 2020. Environmental Exposure to Metal Mixtures and Linear Growth in Healthy Ugandan Children. *Plos One.* 15(5): 1-13.
- Nadheswari, Jayapradha, Nalla, S., V., Dubey, I., & Kushwaha, S. 2023. Arsenic-Induced Thyroid Hormonal Alterations and Their Putative Influence on Ovarian Follicles in Balb/c Mice. *Biol Trace Elem Res.* 10(1): 11-23.
- Nurjazuli, Darundiati, Y., H., & Wardoyo, S. 2021. Paparan Plumbum (Pb) sebagai Pemicu Stunting pada Balita. *Jurnal Ilmu Kesehatan.* 15(3): 37-43.
- Oktavia, S., D., Saebani, & Dhanardhono, T. 2019. Pengaruh Pemberian Kalsium terhadap Kadar Hemoglobin dan Hematokrit Mencit Balb/C yang Diinduksi Timbal. *Jurnal Kedokteran Diponegoro.* 8(1): 492-500.
- Papadopoulou, E., Botton, J., Caspersen, I., H., Alexander, J., Eggesbø, M., Haugen, M., & *et al.* 2021. Maternal Seafood Intake during Pregnancy, Prenatal Mercury Exposure and Child Body Mass Index Trajectories Up to 8 Years. *International Journal of Epidemiology.* 50(4): 1134-1146.
- Putri, S., M., A., P., Kurniawan, C., D., & Silakarma, D. 2019. Faktor Prenatal, Perinatal, dan Postnatal Kejadian Cerebral Palsy pada Anak di Rumah Sakit Umum Pusat Sanglah Denpasar. *Jurnal Medika Udayana.* 8(8): 1-6.
- Qomariyah, A. 2022. Analisis Kadar Timbal dan Arsen dalam Darah dengan Metode Spektroskopi Serapan Atom. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi.* 12(1): 66-71.
- Reza, Karimuna, S., R., & Fachlevy, A., F. 2016. Analisis Perbedaan Potensi Risiko Keterpaparan Merkuri pada Masyarakat di Desa Tahi Ite Kecamatan Rarowatu

- Kabupaten Bombana Tahun 2016. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Kesehatan Masyarakat*. 1(4): 1-13.
- Riskesdas. 2019. Laporan Provinsi Jawa Tengah Riskesdas 2018. Jakarta: Lembaga Penerbit Badan Litbang Kesehatan.
- Romeo, D., M., Venezia, I., & Brogna, C. 2022. Cerebral Palsy and Sex Differences in Children: A Narrative Review of the Literature. *Journal of Neuroscience Research*. 101(5): 783-795.
- Rosita, B., & Suharika, B. 2019. Analisa Logam Berat Merkuri (Hg) pada Kuku dan Kadar Hemoglobin (Hb) Penambang Emas di Nagari Abai Siat Kecamatan Sangir Solok Selatan. 2(1): 25-30.
- Sacramento, & *et al.* 2021. Human Neurotoxicity of Mercury in The Amazon: A Scoping Review with Insight and Critical Considerations. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 208(1): 1-13.
- Saha, K., K., Engstrom, A., Hamadani, J., D., Tofail, F., Rasmussen, K., M., & Vahter, M. 2012. Pre- and Postnatal Arsenic Exposure and Body Size to 2 Years of Age: A Cohort Study in Rural Bangladesh. *Environ Health Perspect*. 120(8): 1208-1214.
- Sergeyev, O., Burns, J., S., Williams, P., L., Korrick, S., A., Lee, M., M., Revich, B., & *et al.* 2017. The Association of Peripubertal Serum Concentrations of Organochlorine Chemicals and Blood Lead with Growth and Pubertal Development in A Longitudinal Cohort of Boys: A Review of Published Results from the Russian Children's Study. *Rev Environ Health*. 32(1-2):83-92.
- Sulistiyawati, N., & Mansur, A., R. 2019. Identifikasi Faktor Penyebab dan Tanda Gejala Anak dengan Cerebral Palsy. *Jurnal Kesehatan Karya Husada*. 7(1); 77-89.
- Syahid, A. 2020. Gangguan Berbahasa pada Penderita Cerebral Palsy Sebuah Kajian Linguistik Klinis. *Journal on Language and Literature*. 6(2): 175-186.
- Trisnowiyanto, B., & Purwanto, Y. 2019. Faktor Risiko Prenatal, Perinatal & Postnatal pada Kejadian Cerebral Palsy. *Jurnal Terpadu Ilmu Kesehatan*. 8(2): 204-209.
- UNICEF (United Nations International Children's Emergency Fund). 2022. *Ringkasan Kebijakan. Mengurangi Keracunan Timbal pada Anak-Anak di Indonesia* (online). <https://www.unicef.org/indonesia/id/laporan/mengurangi-keracunan-timbal-pada-anak-anak-di-indonesia>. Diakses 3 Februari 2024.
- Vahter, M., E. 2007. Interactions between Arsenic-Induced Toxicity and Nutrition in Early Life. *The Journal of Nutrition*. 137(12): 2798-2804.
- Venkatratnam, A., Marable, C., A., Keshava, A., M., & Fry, R., C. 2021. Relationships among Inorganic Arsenic, Nutritional Status CpG Methylation and microRNAs: A Review of the Literature. *Epigenetics Insights*. 14(1): 1-9.
- Weyde, K., V., F., Winterton, A., Surén, P., Andersen, G., L., Vik, T., & Biele, G. 2023. Association between gestational levels of toxic metals and essential elements and cerebral palsy in children. *Frontiers in Neurology*. 17(14): 1-15.
- Wiyasihati, S., I., & Wigati, K., W. 2016. Potensi Bayam Merah (*Amaranthus tricolor* L) sebagai Antioksidan pada Toksisitas Timbal yang Diinduksi pada Mencit. *MKB*. 48(2): 63-67.
- Wyatt, L., Permar, S., R., Ortiz, E., Berky, A., Woods, C., W., & Amouou, G., F. 2019. Mercury Exposure and Poor Nutritional Status Reduce Response to Six Expanded Program on Immunization Vaccines in Children: An Observational

Cohort Study of Communities Affected by Gold Mining in the Peruvian Amazon. *International Journal of Environmental Reserch and Public Health*. 16(4): 1-22.

Zhu, H., Mao, S. & Li, W. 2023. Association between Cu/Zn/Iron/Ca/Mg levels and cerebral palsy: a pooled-analysis. *Sci Rep* 13, 18427. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-45697-w>.